

**Tentamen Klassieke Mechanica I**  
**Maandag 3 juni 2002**  
**Duur: 3 uur**

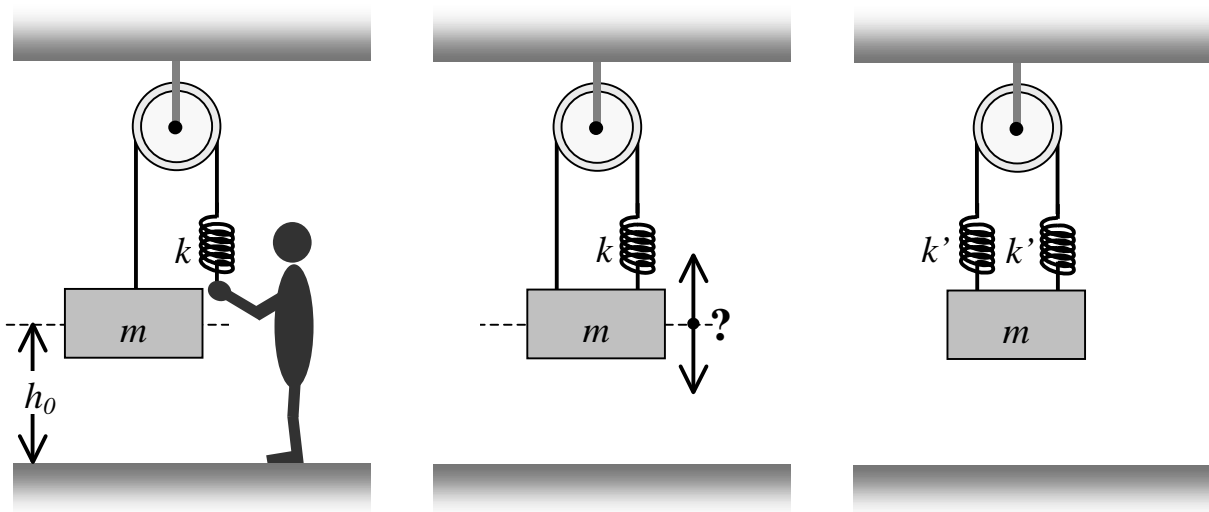
Vermeld op elk blad duidelijk je **naam**, **studierichting**, en evt. **collegekaartnummer!** (TIP: lees eerst alle vragen rustig door, begin met de vraag die je makkelijkst vindt, besteed niet teveel tijd aan één vraag)

**Bespreking** van het tentamen: vrijdag 28 juni, 13.45-16.30 (de Sitterzaal). **Let op:** deze datum is anders dan eerder aangekondigd!

**Uitslag:** over ca. 2 weken bij studentenadministratie en op de KM1-webpagina. Als je bezwaar hebt tegen vermelding van je uitslag op de webpagina, geef dit dan duidelijk aan op het eerste blad.

OPGAVE 1

Iemand houdt een blok met massa  $m$  vast op een constante hoogte  $h_0$ , met behulp van een wrijvingsloze katrol. Hij trekt hiertoe aan een massaloos touw via een veer met veerconstante  $k$  (zie linker figuur).



- a) Wat is de spankracht in het touw, en hoever is de veer uitgerekt ten opzichte van zijn eigen evenwichtslengte?

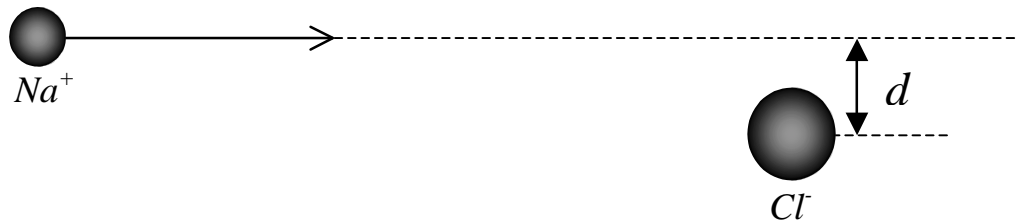
Het uiteinde van de veer wordt nu verbonden met het nog steeds op hoogte  $h_0$  stilhangende blok en vervolgens losgelaten (middelste figuur).

- b) Wat gebeurt er met de evenwichtshoogte van het blok? Waarom? Gebruik een berekening om je antwoord te onderbouwen. (ga er vanuit dat het blok niet kan kantelen)
- c) Hoe varieert de totale potentiële energie van dit systeem met de uitwijking van het blok ten opzichte van de nieuwe evenwichtspositie? (geef volledige uitdrukking)
- d) Reken, uitgaande van het antwoord bij c), de totale kracht uit die het blok ondervindt als functie van de uitwijking ten opzichte van evenwicht, en stel op basis hiervan de bewegingsvergelijking van het blok op. (nog niet oplossen)

- e) Los de bewegingsvergelijking van het blok op. Gebruik als beginconditie de bij b) beschreven situatie, waarbij de veer juist wordt losgelaten, met het blok op de oorspronkelijke evenwichtspositie  $h_0$ .
- f) Als we het blok aan beide zijden ophangen, aan veren met gelijke veerconstanten  $k'$  (rechter figuur), hoe groot moeten we dan  $k'$  kiezen om hetzelfde gedrag te zien als bij de hiervoor behandelde situatie met één veer (middelste figuur)? Geef duidelijk argument en/of reken  $k'$  uit.

## OPGAVE 2

Een natriumion ( $\text{Na}^+$ ), met massa  $m_{\text{Na}}$ , vliegt af op een stilstaand chloorion ( $\text{Cl}^-$ ), met massa  $m_{\text{Cl}}$ , met een initiële kinetische energie (op grote afstand)  $K_i \neq 0$ . De botsingsparameter bedraagt  $d$  (zie figuur).



De elektrostatistische wisselwerking tussen de twee ionen wordt beschreven door:

$$F(r) = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}, \text{ waarbij } e \text{ de elementaire lading is en } \epsilon_0 \text{ de permittiviteit van het}$$

vacuüm.

- Wat voor baan doorloopt het natriumion ten opzichte van het chloorion in deze elastische ontmoeting?
- Hoe groot is het impulsmoment van het natriumion ten opzichte van het chloorion?
- Hoe groot is de effectieve massa van de twee ionen? Hoe groot is het impulsmoment van de twee ionen samen t.o.v. hun gezamenlijke massamiddelpunt?
- Stel de radiële bewegingsvergelijking op van het natrium ten opzichte van het chloor. (uitsluitend opstellen; niet oplossen)
- Reken de afstand van dichtste nadering uit (gebruik eventueel het antwoord bij d). Hoe groot is de relatieve snelheid van de twee ionen op die afstand?

De ontmoeting tussen de twee ionen verloopt niet elastisch, maar resulteert in een gebonden NaCl molecuul, waarin de twee ionen zich ten opzichte van elkaar op een vaste evenwichtsafstand  $d_{\text{NaCl}}$  bevinden.

- Welke grootheden zijn bij deze inelastische gebeurtenis behouden, en welke grootheden zijn niet behouden?
- Welke beweging(en) voert het gevormde molecuul uit? Kwantificeer alle aspecten van deze beweging.

### OPGAVE 3

Beschouw twee tafelbladen, een rond blad met straal  $r$  en een vierkant blad met zijde  $a$ . Neem aan dat de dikte van beide tafelbladen verwaarloosbaar is. De massa per oppervlakte-eenheid  $\sigma$  is gelijk voor de twee bladen. Verder zijn de afmetingen  $r$  en  $a$  zo gekozen dat ook de massa's  $m$  van de bladen gelijk zijn.

- a) Bereken het traagheidsmoment van het ronde tafelblad ten opzichte van de symmetrieas loodrecht op het blad.
- b) Bereken het traagheidsmoment van het ronde blad t.o.v. een as parallel aan het blad, door het midden.
- c) Hoe groot is het traagheidsmoment van het vierkante blad t.o.v. de symmetrieas loodrecht op het vierkant? Vergelijk het resultaat met dat bij a).
- d) Hoe groot zijn de traagheidsmomenten van beide tafelbladen t.o.v. een as parallel aan de bladen, maar nu helemaal aan de rand i.p.v. door het midden?

Het vierkante blad staat op vier dunne, massaloze poten, met lengte  $a$ . De poten bevinden zich precies bij de hoekpunten. Op tijdstip  $t = 0$  worden twee van de vier poten (aan één kant; dus geen diagonaal paar) onder het tafelblad uitgetrokken.

- e) Bereken de hoekversnelling van het kantelende tafelblad, onmiddellijk nadat de twee poten zijn verwijderd. Ga er vanuit dat de twee resterende poten niet schuiven t.o.v. de grond.
- f) Stel de bewegingsvergelijking op voor de volledige kantelbeweging. (niet proberen op te lossen...).
- g) Met welk tempo (J/s) neemt de totale kinetische energie van het tafelblad toe, onmiddellijk nadat de twee poten zijn verwijderd? Verklaar dit resultaat.